

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ И ДРУГИХ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О. М. Хаджинова¹⁾, Е. М. Хаджинов¹⁾, А. А. Саввин²⁾, Д. В. Марковец²⁾

¹⁾ «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская, 23/1,

220070, г. Минск, Беларусь, omiga@mail.ru

²⁾ ООО «Прикладные системы», ул. Каменногорская 47, оф. 83-26,

220055, г. Минск, Беларусь, zk@appsys.net

Разработан и введен в эксплуатацию учебно-лабораторный комплекс «Atomic Keeper Education», который позволяет получить практические навыки работы в реальных системах учета и контроля ядерных материалов, источников ионизирующего излучения и радиоактивных отходов. Проводятся операции по постановке и снятию с учета, загрузке активной зоны ядерного реактора, проведению физической инвентаризации и т.п., которые сопровождаются оформлением с учетной и отчетной документации в соответствии с национальными требованиями и требованиями МАГАТЭ. Обучающиеся получают практический опыт осуществления всех процедур и мероприятий по учету и контролю при проведении основных технологических операций обращения с ядерными и другими радиоактивными материалами.

Ключевые слова: учет и контроль; ядерный материал; источник ионизирующего излучения; радиоактивные отходы; учетная документация; государственная система учета контроля.

PRACTICAL TRAINING OF SPECIALISTS IN ACCOUNTING AND CONTROL OF NUCLEAR AND OTHER RADIOACTIVE MATERIALS

О. М. Khajynava¹⁾, Е. М. Khajynau¹⁾, А. А. Savvin²⁾, D. V. Markavets²⁾

¹⁾ International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Dolgobrodskaya str., 23/1, 220070, Minsk, Belarus, omiga@mail.ru

²⁾ Applied Systems Ltd., Kamennogorskaya str., 47, office 83-26, 220055 Minsk, Belarus, zk@appsys.net

An educational laboratory complex «Atomic Keeper Education» has been developed and put into operation. This complex allows for the acquisition of practical skills in working with real systems of accounting and control of nuclear materials, ionising radiation sources, and radioactive waste. Operations such as receiving and shipment, loading of the reactor core, and physical inventory taking, among others, are carried out together with the preparation of accounting and reporting documentation in accordance with national requirements and the demands of the IAEA. Trainees gain practical experience in executing all procedures and arrangements related to the accountancy and control during the main technological operations involving nuclear and other radioactive materials.

Keywords: accounting and control; nuclear material; ionising radiation sources; radioactive waste; accounting reports; state control accounting system.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-1-153-157>

Каждое государство несет ответственность за обеспечение физической безопасности ядерного и другого радиоактивного материала и связанных с ними установок и деятельности. Основными задачами при этом являются предупреждение и обнаружение преступных или преднамеренных несанкционированных действий, а также реагирования на подобные действия [1]. Одним из направлений укрепления физической ядерной безопасности можно счи-

тять создание и эффективное функционирование системы учета и контроля ядерных и других радиоактивных материалов.

В соответствии с требованиями нормативных правовых актов [2, 3], в Республике Беларусь функционирует государственная система учета и контроля (УиК) ядерных материалов и Единая государственная системы учета и контроля источников ионизирующего излучения. Обязательным является ведение учета на уровне пользователя ядерных материалов (ЯМ), источников ионизирующего излучения (ИИИ) и радиоактивных отходов (РАО). Данная деятельность связана с формированием большого количества учетной документации и отчетов, как на уровне пользователя, так и государства в целом. При этом могут использоваться автоматизированные системы учета и контроля ЯМ.

Использование современных ядерных и радиационных технологий требует высокой квалификации специалистов в области обеспечения безопасности. Важным направлением подготовки является формирование компетенций в области обеспечения физической ядерной безопасности, включая учет и контроль ядерных и других радиоактивных материалов. Для этого необходимо внедрить практические методы обучения, способствующие эффективному усвоению знаний и развитию необходимых навыков для последующей самостоятельной работы.

На основе реально используемой автоматизированной системы учета и контроля «Atomic Keeper» при сотрудничестве кафедры ядерной и радиационной безопасности МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ с практикующими специалистами в сфере учета и контроля создан Учебно-лабораторный комплекс (УЛК) «Atomic Keeper Education».

Основные задачи УЛК:

- изучение нормативных требований по ведению документации при осуществлении различных операций с ядерными и другими радиоактивными материалами;
- отработка практических навыков по осуществлению процедур учета и контроля на уровне организации от момента постановки на учет ЯМ, ИИИ и РАО и до снятия с учета;
- получение практических навыков по подготовке отчетной документации по учету ЯМ, ИИИ и РАО для национального регулирующего органа и МАГАТЭ;
- изучение и отработка на практике технологических процессов обращения с ЯМ, ИИИ и РАО на объектах использования атомной энергии;
- изучение необходимых действий при организации и проведении физических инвентаризаций ЯМ, ИИИ и РАО, а также при сопровождении инспекций;
- ознакомление с мерами обеспечения физической ядерной безопасности и контроля за ЯМ, ИИИ и РАО;
- а также работа вне виртуальных систем учета.

Комплекс представляет собой сервер и рабочие места, оснащенные периферическим оборудованием (спектрометр, сканер штрих-кодов, считыватель бесконтактных карт доступа). Специальное программное обеспечение формирует для обучающегося индивидуальную виртуальную среду с заданными начальными параметрами для выполнения задания. В качестве организации, в которой будут моделироваться операции с ЯМ, ИИИ и РАО, была выбрана двухблочная АЭС проекта «АЭС-2006», как наиболее сложный объект, где используются ядерные материалы в виде ядерного топлива, а также проводится большое количество операций с различными ИИИ.

Учебные задания, которые реализованы в УЛК Atomic Keeper Education, включают следующий перечень:

1. операции с ядерными материалами:

- постановка на учёт источников ионизирующего излучения;
- поверка источников ионизирующего излучения;
- производство закрытых источников ионизирующего излучения;
- физическая инвентаризации источников ионизирующего излучения;

– расходование открытых источников ионизирующего излучения в случаях, не связанных с технологическим процессом по производству закрытых источников;
 регистрация обнаруженных неучтённых источников ионизирующего излучения.

2. операции с источниками ионизирующего излучения:

- обращение с очень низкоактивными отходами;
- освобождение РАО из-под регулирующего контроля;
- обращение со средне активными РАО;
- обращение с РАО с момента образования первичной упаковки;
- обращение с жидкими РАО;
- обращение с твердыми РАО от реакторной установки.

УЛК Atomic Keeper Education состоит из двух основных компонент: системы управления (СУ) и пула виртуальных машин.

Система управления предназначена для ведения реестров преподавателей, студентов, групп студентов, перечня учебных заданий, проверки их выполнения, а также для управления виртуальными машинами при подготовке и выполнении задания. В СУ проводится назначение работы из соответствующего учебного курса на обучающегося либо группу.

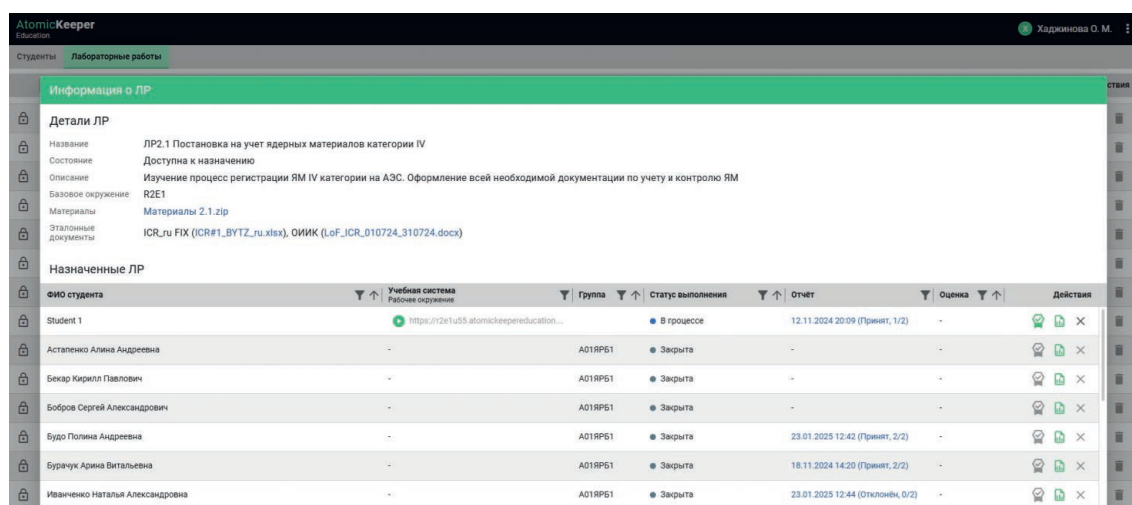


Рис. 1. Система управления УЛК Atomic Keeper Education. Назначение задания

Обучающийся получает задание в СУ, где находятся учебные материалы и активная ссылка для выполнения задания.

Выполнение назначенной работы происходит в ПО Atomic Keeper, который разворачивается на виртуальной машине с внесенными начальными данными выполняемого задания. Обучающийся проводит все необходимые учетные операции, использует периферическое оборудование УЛК (при необходимости) и формирует соответствующие документы. Генерирование учетных документов в системе происходит автоматически после внесения необходимых данных. Студент имеет возможность перезапуска виртуальной машины с ее начального состояния, если допустил ошибку, которую не может или не знает, как исправить. Указанная возможность позволяет ему тренироваться самостоятельно, многократно выполняя работу до получения требуемого результата.

В качестве результата выполненной работы обучающийся в СУ формирует отчет на проверку, прикрепляя подготовленные документы. Большинство заданий имеет автоматическую проверку отчетов до отправки преподавателю, потому студент имеет возможность самостоятельно оценить полученный результат и провести работу повторно неограниченное количество раз до проверки преподавателем.

Название работы	Статус выполнения	Учебная система	Рабочее оборудование	Материалы	Отчет	Оценка	Действия
LP1.1	Информация об отчетах						
LP1.2	Дата и время создания	Состояние	Документы отчета	Автопроверка	Действия		
LP1.5	04.10.2024 21:16	Отклонен	ICR_en FIX (ICR#1_BYTO_eng.xlsx) ICR_ru FIX (ICR#1_BYTO_rus.xlsx)	2/5			
LP2.2	04.10.2024 21:18	Отправлен на проверку	ICR_en FIX (ICR#1_BYTO_rus.xlsx) ICR_ru FIX (ICR#1_BYTO_eng.xlsx)	3/5			
LP3.2	04.10.2024 21:21	Подготовлен	ICR_en FIX (ICR#1_BYTO_rus.xlsx) ICR_ru FIX (ICR#1_BYTO_eng.xlsx)	5/5			

Рис. 2. Система управления УЛК Atomic Keeper Education. Отчет о работе

Тот факт, что виртуальная машина остается доступной всегда (даже после выполнения работы), позволяет преподавателю заходить туда, отслеживать действия студента по выполнению задания. Таким образом, преподаватель видит реальное время работы в системе обучающегося, может направить правильный ход решения и т.п.

Начиная проверку, преподаватель временно блокирует в СУ отправку новых отчетов и имеет возможность принять отчет с ошибками или отправить комментарий о необходимости доработки, а также оценить выполнение задания. Виртуальная машина обучающегося в данном заданием уничтожается при переводе работы в состояние «Закрыта».

В качестве примера рассмотрим одно из учебных заданий по обращению с ядерными материалами IV категории для целей учета и контроля. Учебные материалы в СУ УЛК Atomic Keeper Education содержат методические указания. Теоретические основы отражают основные требования нормативных правовых документов, а также сводную информацию, необходимую для выполнения задания. Далее приведено писание ситуации с указанием конкретных данных.

Например: «Поставщик ЗАО «Радисточник» (Российская Федерация) отправил на АЭС 5 учетных единиц, содержащих ядерные материалы IV категории. Для всех учетных единиц поставщиком были оформлены паспорта. Все учетные единицы поступили на АЭС 01 июля 2024 года. Поступившие на АЭС учетные единицы были распределены в Отдел ядерной безопасности и Цех радиационной безопасности (информация о распределении приведена в задании). При регистрации поступивших учетных единиц номер партии и инвентарный номер совпали со соответствующим им заводским номером. Все поступившие учетные единицы доступны для осмотра». Задача студента, как инженера по учету и контролю ядерных материалов, поставить на учет поступившие изделия. Оформить все необходимые документы по обращению с ядерными материалами относящихся к IV категории. В качестве отчета по работе необходимо приложить отчет об изменении инвентарного количества международного формата формате Fixed на русском языке и отчет об изменении инвентарного количества согласно нормативным требования Республики Беларусь.

Первый опыт использования УЛК Atomic Keeper Education позволяет выделить следующие особенности:

- задание представляет собой настоящую производственную задачу, которую необходимо выполнить на реальной системе УиК в заданных условиях;
- благодаря автоматическому генерированию документов при выполнении задания обучающийся за короткое время имеет возможность получить большое количество документов в разных форматах, заполненных реальными данными;
- последовательность действий при выполнении задания может отличаться, обучающемуся не предоставляется пошаговое описание операций, что позволяет ему самостоятельно решать задачу в условиях, максимально приближенных к реальности, а не заучивать необходимую последовательность действий;
- имеется возможность автоматической проверки выполненных заданий путем сравнения документов, генерируемых обучающимся в учетной системе, с их эталонными вариантами;
- сгенерированные системой документы имеют цифровую подпись, потому исключает возможность подмены (не представляется возможным скопировать чужой результат или внести известные изменения);

– использование периферического оборудования позволяет создать «эффекта присутствия» и более полной имитации техпроцесса на АЭС.

Тщательная практическая подготовка специалистов в учете и контроле необходима для обеспечения безопасности. Работа в области учета и контроля требует высокой квалификации персонала, поскольку является одной из областей обеспечения физической ядерной безопасности. Полученные практические навыки способствуют формированию профессиональной уверенности и позволяют эффективно решать рабочие задачи. Такая подготовка формирует ответственное отношение к выполняемым задачам. Atomic Keeper Education дает возможность получить представление о полном цикле процедур учета и контроля ЯМ, ИИИ и РАО, а также практические навыки выполнения задач в реальном программном обеспечении, который может использоваться в практической деятельности (на предприятиях ядерного топливного цикла, в организациях, осуществляющих обращение с ЯМ, ИИИ или РАО, регулирующих органах и др.). На наш взгляд, самым важным в учебно-лабораторном комплексе Atomic Keeper Education является то, что он позволяет обучаться на реальных системах. Это всегда значительно интереснее и эффективнее, нежели тренироваться на модельных стандартных задачах. Принимая во внимание то, что сложность производства постоянно увеличивается, использование средств виртуализации в Atomic Keeper Education позволяет компенсировать разрыв между учебным и производственным процессами.

Библиографические ссылки

1. Цель и основные элементы государственного режима физической ядерной безопасности. Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности № 20 / Международное агентство по атомной энергии. Вена : МАГАТЭ, 2014.

2. Закон Республики Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-З «О радиационной безопасности» [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 26.06.2019, 2/2636. – Режим доступа: https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/533/zakon_198_3.pdf. – Дата доступа: 27.02.2025.

3. Закон Республики Беларусь от 10 октября 2022 г. № 208-З «О регулировании безопасности при использовании атомной энергии» [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 13.10.2022. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H12200208&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 27.02.2025.